

И. П. Лазебный, А. Ф. Рыжков, В. В. Назарова

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

Anteymaster1@mail.ru

АНАЛИЗ РАБОТЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ НА ИСКУССТВЕННОМ ГАЗЕ

В работе проанализирована установка ГТУ на искусственном газе. Произведена ее верификация, а также проведено сравнение со стандартной схемой на природном газе. Получены термодинамические характеристики, состав продуктов сгорания и произведен анализ работы такой схемы и ее перспективы.

Ключевые слова: моделирование; искусственный газ; Aspen; ГТУ.

I. P. Lazebny, A. F. Ryzhkov, V. V. Nazarova

Ural Federal University, Ekaterinburg

THERMODYNAMIC MODEL PERFORMANCE ANALYSIS OF GAS TURBINE UNIT OPERATED ON SYNTHETIC GAS

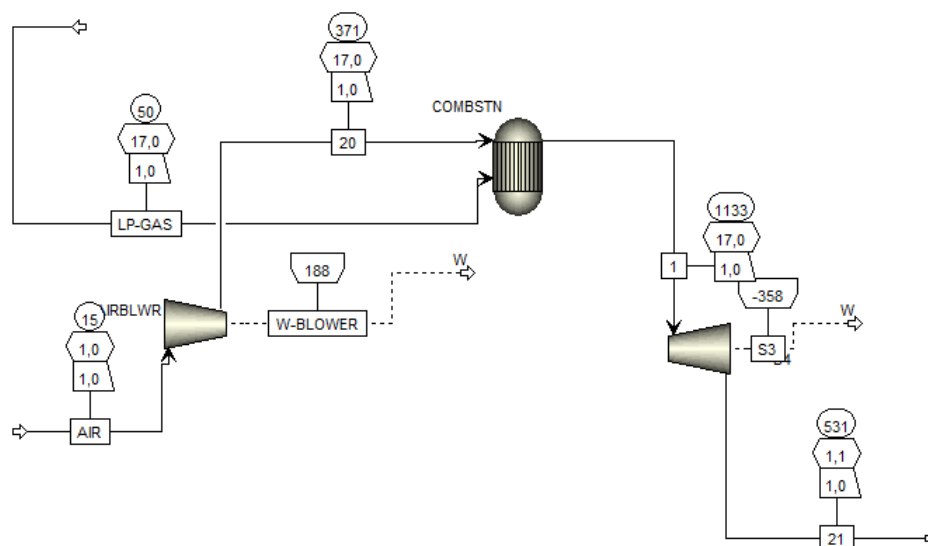
The paper analyzes the installation of gas turbines on artificial gas. It was verified and compared with the standard scheme for natural gas. The thermodynamic characteristics, the composition of the combustion products are obtained, and the operation of such a scheme and its prospects are analyzed.

Keywords: modeling; artificial gas; Aspen; GTU.

С развитием мировой энергетики технологии производства тепловой и электрической энергии становятся более сложными. Моделирование технологических процессов проводится с использованием таких программных пакетов, как Aspen Plus [1], Thermoflow [2], GS-code [3]. Эти программные инструменты имеют в себе необходимые термодинамические модели для расчета теплоэнергетических процессов.

Моделирование цикла ГТУ на природном газе является отправной точкой для последующей работы и расчетов теплоэнергетических циклов, работающих на газах реального состава, в том числе и на синтез-газах (продуктах переработки твердого и жидкого топлива). Разработка и верификация модели термодинамического расчета цикла ПГУ проводится на примере ТЭЦ с ГТУ типа GT13E2 производства Alstom. Данная ГТУ является широко распространенной в газовой теплоэнергетике [4].

Расчетная модель (рисунок) состоит из основных элементов промышленных ГТУ, а именно – компрессора, камеры сгорания (КС) и газовой турбины (ГТ). Для каждого элемента при построении расчетной модели задаются такие параметры, как температура, давление, расход и состав рабочего тела [5]. Все задаваемые параметры заимствованы из реально действующей ТЭЦ [6].



Расчетная модель газотурбинной части ПГУ

На основе полученных в результате моделирования данных, произведена верификация. Ее результаты отражены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты верификации

	ТЭЦ Академическая	Модель
Мощность, МВт	170–175	170–175
Температура перед ГТ, °С	1100–1150	1120–1140
Температура выхлопных газов, °С	520–540	525–535
Содержание CO ₂ за ГТ, %	0,08	0,04
Содержание O ₂ за ГТ, %	14,5	14,1

В результате произведенной верификации, можно убедиться в практически полном соответствии модели с действующей установкой. Следующим шагом будет перевод данной схемы на искусственный газ.

Состав искусственного газа приведен в табл. 2 [7].

Таблица 2

Состав искусственного газа

CO, %	30,5
CO ₂ , %	2,8
H ₂ , %	10,5
CH ₄ , %	0,7
N ₂ , %	55,5
HHV, Mj/Nm ³	5,4

Стоит сразу отметить, что низкая калорийность искусственного газа ведет к увеличению его расхода в камеру сгорания для поддержания приемлемой температуры перед ГТ, необходимой для нормальной работы данной установки. Учитывая, что главным критерием при переходе с природного газа на искусственный является температура перед ГТ и выходная мощность, составлен баланс расходов воздух/газ, поступающих в КС.

Вводные данные для искусственного и природного газа представлены в табл. 3.

Таблица 3

Вводные данные для искусственного и природного газа

Теплофизический параметр	Природный газ	Искусственный газ
Расход газа, кг/с	9,6	107
Расход воздуха, кг/с	532	434

Следующим шагом является моделирование схемы на искусственном газе. Сравнение с оригинальной схемой произведено на основе состава полученных продуктов сгорания и выходных характеристик, которые показаны в табл. 4.

Состав продуктов сгорания для ГТУ на искусственном газе
и природном газе

Компонент, показатель	Модель на природном газе	Модель на искусственном газе
N ₂ , %	76	77
O ₂ , %	14	13
CO, %	0,0041	0,05
CO ₂ , %	3	8
Мощность, МВт	170–175	170–175
Температура выхлопных газов, °С	525–535	520–535

Как можно видеть из таблицы, выходные параметры на данных расходах практически не изменяются. Состав продуктов сгорания при этом отличается, что ожидаемо.

Таким образом, переход данной установки ГТУ на искусственный газ можно считать успешным, при выполнении условий, связанных с соотношением топлива и воздуха. Получены термодинамические характеристики при работе установки на данном газе, которые помогут в будущем совершенствовать схему с учетом технических особенностей горения искусственных газов.

Список использованных источников

1. Schefflan R. Teach yourself the basics of Aspen Plus. N. J. : American Institute of Chemical Engineers and John Wiley & Sons, Inc., 2011. 211 p.
2. Ryzhkov A. F., Bogatova T. F., Val'tsev N. V. Development of low-temperature thermochemical conversion reactors for coal power engineering // Thermal Engineering. 2013. № 12. P. 895–903.
3. Giuffrida A. On the effects clean-up temperature in IGCCs / A. Giuffrida, M. C. Romano // Proceedings of ASME Turbo Expo 2010. Power for Land, Sea and Air (CT 2010). June 14–18, 2010. Glasgow, UK, 2010. Vol. 3. P. 661–670.
4. Турбина GT13E2 [Электронный ресурс]. URL: <https://dm.energy.ru/alstom-gt13e2> (дата обращения: 25.11.2019)
5. Ольховский Г. Г. Газотурбинные и парогазовые установки сегодня // Электрические станции. 2015. № 1. С. 73–78.
6. ПАО «Т Плюс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tplusgroup.ru/> (дата обращения: 25.11.2019)
7. Giuffrida A., Romano M. C., Lozza G. Thermodynamic analysis of air-blown gasification for IGCC applications// Applied Energy. 2011. Vol. 88, Iss. 11. P. 3949–3958.